

유기산 전처리에 따른 메밀 새싹의 저장중 품질변화

장수경 · 이현희 · 홍석인* · 한영숙¹
한국식품연구원, ¹성신여자대학교 식품영양학과

Effect of Organic Acid Treatment on the Quality Attributes of Buckwheat Sprout during Storage

Su-Kyung Chang, Hyun-Hee Lee, Seok-In Hong*, and Young-Sook Han¹

Korea Food Research Institute

¹Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University

Abstract Changes in the quality of buckwheat sprout treated with organic acid solutions such as ascorbic, citric and acetic acid were examined during storage in order to judge the feasibility of acid dipping as a pretreatment for extending shelf-life. Quality attributes of buckwheat sprout stored at 5°C were measured in terms of microbial cell count, moisture content, soluble solids content, chromaticity, and sensory evaluation over different storage times. For microbial growth inhibition, combinations of 0.05% acetic acid and 0.5% citric acid or 1% ascorbic acid and 0.5% citric acid were more effective than other treatments. Slight changes were observed in moisture content among the treatments, whereas soluble solids content of each treatment was increased during storage. In chromaticity, the Hunter's a value of buckwheat sprout treated with acetic acid alone or acetic acid combinations showed the largest increase. Dipping treatment with ascorbic acid and citric acid produced only slight changes in color of the sprout. In the sensory evaluation of discoloration (head, stem and root), wilting and overall quality, ascorbic acid and citric acid treatments gave the highest scores. These results suggest that dipping treatment of buckwheat sprout with citric acid can confer more positive effects on storage stability than others.

Key words: buckwheat sprout, citric acid, organic acid, dipping treatment, storage stability

서 론

최근 교육 및 생활수준이 향상되고 환경변화와 식품관련 지식 증가에 따라 국내의 식품 소비경향은 점차 고급화되어 식품의 선택 시 건강지향성과 편이성이 중시되고 있다. 이에 가공식품 보다는 신선 식품, 특히 과일, 채소류에 대한 수요가 증대되면서 단백질, 섬유질, 미네랄, 비타민 등을 풍부하게 포함하고 있는 새싹채소가 영양식품으로 소비자의 관심을 얻으면서 소비 공급이 증가되고 있다(1,2). 국내에서 새싹채소 생산은 2000년 초부터 시작되었으며, 새싹채소 재배가 본격화되기 시작한 2002년 재배면적은 34 ha이고, 2003년 43.5 ha, 2004년 50.7 ha, 2005년에는 65 ha로 연평균 24% 증가하였다(3). 신선 채소류는 생식 또는 편의가공 형태로 이용하는 경우가 대부분이므로 신선도 유지와 더불어 식품 안전성 확보 측면에서 위생 관리가 필요하다(4). 신선 채소류는 살아있는 생체조직이기 때문에 수반되는 생리적 노화, 생화학 변화, 미생물 변패에 의해 그 품질이 열화되기 쉬우며, 이는 유통 중 상품의 품질 저하와 직결된다(5). 신선 채소류의 특성상 가열 등의 살균처리가 불가능하므로, 방사선 조사, 오존수, 전해

수, 염소수, 유기산 등을 이용한 비가열처리가 많이 보고되고 있다(2,6-9). 그 가운데 유기산은 예전부터 식품의 부패 방지와 저장기간 증진을 위해 널리 사용되어 왔으며, 미 FDA에서 GRAS (generally recognized as safe)로 허가를 받은 공인된 식품위생처리제이다(10,11). 또한 유기산은 항균기능을 갖고 있으며, 낮은 pH 영역에서 미생물 활성을 저하시키는 것으로 알려져 있어 이에 대한 연구들이 다수 진행된 바 있다(9,12-14).

메밀(*Fagopyrum esculentum* Moench)은 마디풀과에 속하는 일년생 초본식물로, 분류학상 곡류와 구별되지만 낱알의 성분조성이 곡류와 비슷한 잡곡으로 취급된다(15). 메밀의 종에는 재배종과 야생종을 포함하여 20여종이 지구상에 분포되어 있으며, 재배종에는 일반메밀과 쓴메밀이 주류를 이루고 있다. 국내에서도 일반적으로 재배되고 있는 메밀은 일반메밀(*F. esculentum* Moench)과 최근 일부 농가에서 재배하고 있는 쓴메밀(*F. tataricum* Gaertn)이다(16). 메밀에 관한 연구는 rutin 함량, 혈당강화 및 혈압저하 효과, 항산화 효과, 메밀을 발아시킨 메밀싹에 관한 연구 등 주로 약리적 및 영양적 측면에서 보고되고 있다(17-21). 메밀 종자를 발아시킨 새싹은 숙주나물과 유사한 모양을 가지고 있으나 길이가 더 길고 가늘며(12.5-16 cm, 하배축의 두께 0.9-1.8 mm), 두부가 꽃봉오리처럼 말려 있어 그 모양이 특이하고 담황색을 띠고 있으며 자체의 고유한 향을 가지고 있다(22). 그러나 메밀 새싹의 소비자 수요가 점차 증대하고 있음에도 현재까지 메밀 종자나 새싹의 유용성분들이 연구된 것에 비해, 유통기간이 매우 짧은(10°C 이하에서 2-3일) 메밀 새싹의 상품성 유지를 위한 연구는 거의 이루어진 바가 없다. 이에 본 연구에서는 메밀 새싹의

*Corresponding author: Seok-In Hong, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9053
Fax: 82-31-709-9876
E-mail: sihong@kfri.re.kr, hsikfri@chollian.net
Received December 21, 2009; revised February 23, 2010;
accepted February 24, 2010

수확 후 손실을 줄이고 상품 유통기간 연장에 효과적인 방법을 모색하고자, 식품첨가물로 많이 사용되고 있는 ascorbic acid, citric acid 및 acetic acid를 단독 또는 혼합한 유기산 침지용액으로 적용하여 메밀 새싹을 전처리한 후 저온저장하면서 품질변화를 측정하였다.

재료 및 방법

재료

메밀 새싹은 2008년 8월부터 11월까지 경기도 파주에 위치한 (주)참한쌍에서 생산한 것으로, 메밀 종자의 싹을 틔운 후 재배 판에 이식한 다음 하루 4시간 간격으로 약 90초간 여과된 지하수를 분무하면서 7일간 재배하였다. 새싹시료는 실험당일 오전에 수확한 것을 사용하였고, 발포 폴리스티렌(EPS) 상자에 보냉재를 넣고 포장하여 운송한 후 실험에 사용하였다. 전처리 용액으로서 차아염소산염(유한락스 레귤러, (주)유한크로락스, 유효염소 4% 이상 함유)과 유기산(ascorbic acid, citric acid, & acetic acids, Sigma Chem. Co., St. Louis, MO, USA)은 실험에 필요한 적정 농도로 희석하여 사용하였다.

전처리 및 저장

수확된 메밀 새싹은 수돗물, 100 ppm 차아염소산염 용액, 다양한 유기산 용액(ascorbic acid 1%, citric acid 0.5%, acetic acid 0.05%, ascorbic acid 1%와 citric acid 0.5% 혼합, ascorbic acid 1%와 acetic acid 0.05% 혼합, citric acid 0.5%와 acetic acid 0.05% 혼합)에 각각 1 분씩 침지한 후 종이타월로 물기를 제거한 다음, 멸균 시료봉투에 밀봉하여 냉장온도(5°C)에서 6일간 저장하였으며, 2일 간격으로 시료를 채취하여 측정하였다. 전처리 유기산 용액의 농도는 예비실험을 통하여 메밀새싹의 관능적 품질변화를 가장 적게 일으키면서 미생물 생균수의 저감 효과를 나타내는 최소 농도로 설정하였다.

미생물 검사

새싹시료 30 g씩을 처리구별로 멸균 필름봉투(Whirl Pak® B01195, Nasco Co., Fort Atkinson, WI, USA)에 무균 상태로 채취하여 넣은 다음, 0.85% 멸균 식염수 60 mL를 가하여 균질기(BagMixer® 400, Interscience, Bretteche, France)로 약 1분간 마쇄한 후, 일정량의 균질액을 취하여 0.1% 펩톤 수용액으로 단계별로 희석하였다. 희석된 각 시료 용액 0.1 mL에 총균은 plate count agar(Merck, Darmstadt, Germany) 배지를, 대장균군은 chromocult agar(Merck) 배지를 사용하여 35°C에서 48-72시간 동안 배양하였다. 한 평판 당 20-200개의 집락을 갖는 페트리디시를 선택하여 계수한 후 Log CFU/g으로 표시하였다. 실험결과는 3회 반복 측정하여 얻은 값의 평균값과 표준편차로 나타내었다.

수분함량 측정

수분함량은 식품공전 일반시험법 중 상압가열건조법(23)에 따라 측정하였다. 새싹시료 2 g씩을 취하여 105°C를 유지하는 건조기에서 향량이 될 때까지 건조시키고, desiccator에서 방랭한 후 중량을 측정하여 수분함량을 산출하였다. 실험결과는 4회 반복 측정하여 얻은 값의 평균값과 표준편차로 나타내었다.

가용성 고형분함량 측정

가용성 고형분함량은 메밀 새싹 5 g을 가압 착즙하여 4점의 거즈로 여과한 후 즙액을 굴절계(PR-32α, ATAGO, Tokyo, Japan)로

굴절율을 측정하여 5회 측정치의 평균값과 표준편차를 'Bx 단위로 표시하였다.

색 측정

새싹시료의 줄기 부분의 색깔을 색차계(CR-400, Konica-Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정된 후 Hunter L, a, b 값으로 표시하였다. 백색 표준판(L=97.75, a=-0.49, b=1.96)을 사용하여 색차계를 보정한 후 색 측정에 이용하였으며, 처리구별로 5회 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 표시하였다.

관능평가

새싹시료 각 처리구에 대한 관능검사는 신선 채소류의 외관품질 평가에 경험이 많고 잘 훈련된 8-10명의 평가요원을 대상으로 5°C에서 6일간 저장한 메밀 새싹채소의 부위별(싹, 줄기, 뿌리) 변색정도, 시들정도, 종합적 외관품질 항목을 9점 척도의 차이식별검사로 실시하였다. 이때 변색과 시들 항목은 평가점수가 클수록 변화정도가 심한 것을 의미하며, 종합적 외관품질은 평가점수가 낮을수록 품질이 저하된 것을 의미한다.

통계처리

모든 실험결과는 통계분석 프로그램(SAS Institute Inc., Ver. 9.1, Cary, USA)의 ANOVA(Duncan's multiple range test) 분산분석으로 처리하여 평균값의 유의차($p < 0.05$)를 검증하였다.

결과 및 고찰

생균수 변화

처리구별로 저장 중 메밀 새싹의 미생물학적 품질을 평가하는 지표로서 총균수와 대장균군수를 측정하였다(Table 1). 세척하지 않은 메밀 새싹의 초기 총균수는 6.95 Log CFU/g이었으며, 나머지 침지처리구에서는 유의적인 생균수 감소를 나타내었다($p < 0.05$). 수돗물 처리구의 미생물 생균수는 대조구와 거의 차이가 없었으나 염소수 처리구의 경우 약 0.5 Log 감소하였다. 유기산 처리구의 초기 총균수는 5.94-6.32 Log CFU/g 범위로 대조구에 비해 약 0.5-1 Log 정도 생균수가 감소하였다. 특히, 생균수 감소에 효과적인 처리로는 처리 직후 총균수가 6.01, 6.06, 5.94, 5.94 Log CFU/g인 0.05% acetic acid 단독 처리구와 유기산 병용처리들이었으며 유기산 단독처리보다는 병용처리의 부가적인 효과를 확인할 수 있었다. 그 다음으로 0.5% citric acid 단독처리가 6.16 Log CFU/g, 1% ascorbic acid 단독처리가 6.32 Log CFU/g로 메밀 새싹의 미생물 감균효과를 나타내었다. 모든 처리구의 총균수는 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였고($p < 0.05$), 저장 2일째부터는 즉석섭취·편이식품의 일반세균 기준인 10^6 CFU/g를 넘어서면서 더 이상 미생물학적으로 안전하지 않다고 판단되었다(24). 저장기간 동안 1% ascorbic acid 단독 처리구의 총균수가 대조구와 비슷한 수준으로 증가하여 메밀 새싹의 미생물 증식억제에 그다지 효과적이지 않았다. 반면에 0.5% citric acid 단독 처리구의 총균수가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮게 유지되어 미생물 억제에 효과적인 것으로 나타났다. 2가지 유기산을 병용처리한 경우 유기산 조건에 관계없이 저장 2일째까지는 단독처리에 비해 미생물 감균효과가 좀 더 높았으나 이후에는 미생물 생균수가 더욱 증가하였다.

한편 저장기간 중 메밀 새싹의 대장균군수 변화는 Table 2에 나타난 바와 같다. 대조군의 초기 대장균군수는 6.77 Log CFU/g이었으며, 전처리에 따라 생균수 감소를 나타내었다. 수돗물 처

Table 1. Total plate counts of buckwheat sprouts treated with chlorine water and organic acid solutions during storage at 5°C

Mean±STD (Log CFU/g)

Samples ¹⁾	Storage time (day)			
	0	2	4	6
A	6.95±0.16 ^{a2)}	7.47±0.06 ^a	8.1±0.11 ^a	8.2±0.15 ^a
B	6.76±0.12 ^a	7.32±0.26 ^{bc}	7.88±0.07 ^{ab}	7.9±0.08 ^a
C	6.59±0.21 ^b	7.07±0.02 ^c	7.62±0.08 ^b	7.65±0.09 ^c
D	6.32±0.14 ^b	7.54±0.03 ^a	7.73±0.08 ^b	7.67±0.16 ^c
E	6.16±0.09 ^c	6.51±0.10 ^d	7.37±0.11 ^d	7.78±0.09 ^b
F	6.01±0.12 ^d	7.35±0.10 ^{ab}	7.49±0.12 ^c	7.78±0.08 ^b
G	6.06±0.24 ^d	7.02±0.05 ^c	7.95±0.14 ^a	7.63±0.05 ^c
H	5.94±0.10 ^d	7.12±0.10 ^b	7.77±0.12 ^b	7.68±0.05 ^c
I	5.94±0.06 ^d	6.93±0.05 ^c	7.83±0.04 ^{ab}	7.68±0.10 ^c

¹⁾A: Control¹⁾B: Tap water¹⁾C: 100 ppm NaClO₂¹⁾D: 1% Ascorbic Acid(AA)¹⁾E: 0.5% Citric Acid(CA)¹⁾F: 0.05% Acetic Acid(AC)¹⁾G: 1% AA+0.5% CA¹⁾H: 1% AA+0.05% AC¹⁾I: 0.5% CA+0.05% AC²⁾Mean followed by different superscripts are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.**Table 2. Coliform bacteria counts of buckwheat sprouts treated with chlorine water and organic acid solutions during storage at 5°C**

Mean±STD (Log CFU/g)

Samples ¹⁾	Storage time (day)			
	0	2	4	6
A	6.77±0.13 ^{a2)}	6.95±0.04 ^a	7.8±0.05 ^a	7.91±0.09 ^a
B	6.54±0.07 ^b	6.97±0.01 ^a	7.65±0.12 ^b	7.78±0.12 ^b
C	6.23±0.14 ^c	6.41±0.08 ^c	7.15±0.22 ^{cd}	7.46±0.12 ^d
D	6.29±0.27 ^c	6.87±0.15 ^{ab}	7.53±0.14 ^b	7.64±0.05 ^c
E	5.89±0.10 ^e	6.37±0.13 ^b	7.03±0.10 ^d	7.24±0.12 ^c
F	6.05±0.05 ^d	6.28±0.04 ^d	7.21±0.15 ^c	7.66±0.17 ^c
G	6.09±0.17 ^d	6.67±0.13 ^b	7.33±0.07 ^c	7.54±0.09 ^{ab}
H	5.70±0.04 ^e	6.51±0.22 ^c	7.17±0.15 ^{cd}	7.46±0.15 ^d
I	5.72±0.04 ^e	6.13±0.02 ^e	6.92±0.08 ^d	7.25±0.09 ^c

¹⁾A: Control¹⁾B: Tap water¹⁾C: 100 ppm NaClO₂¹⁾D: 1% Ascorbic Acid(AA)¹⁾E: 0.5% Citric Acid(CA)¹⁾F: 0.05% Acetic Acid(AC)¹⁾G: 1% AA+0.5% CA¹⁾H: 1% AA+0.05% AC¹⁾I: 0.5% CA+0.05% AC²⁾Mean followed by different superscripts are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

리구의 미생물 생균수는 대조구와 거의 차이가 없었으나 염소수 처리구의 경우 약 0.5 Log 감소하였다. 유기산 처리구의 초기 대장균균수는 6.29-5.70 Log CFU/g 범위로 총균수와 마찬가지로 대조구에 비해 약 0.5-1 Log 정도 생균수가 감소하였다. 1% ascorbic acid를 제외한 유기산 처리구들의 대장균균수는 모두 10⁶ CFU/g 이하로 감소하였으며 이 중 0.5% citric acid 단독 처리구와 acetic acid와 병용한 유기산 처리구의 미생물 생균수가 5.89, 5.70, 5.72 Log CFU/g로 가장 적어 초기 생균수 감소에 효과적임을 알 수 있었다. 그 다음으로 acetic acid 처리가 6.05 Log CFU/g, ascorbic과 citric acid 병용처리가 6.09 Log CFU/g를 나타내었다. 모든 처리구의 대장균균수는 저장기간에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 5°C에서 6일 저장하는 동안 ascorbic acid 단독 처리구와 ascorbic과 citric acid 병용처리구의 대장균균수가 수돗물 처리구와 비슷한 수준으로 증가하여 메밀 새싹의 미생물 증식억제에 그다지 효과적이지 않다고 생각되었다. 그러나 그 외 다른 유기산 처리는 0.5% citric acid+0.05% acetic acid>0.5%

citric acid>1% ascorbic acid+0.05% acetic acid, 100 ppm 염소수의 순서로 유의적으로 낮은 대장균균수를 나타내어 미생물 억제 효과를 확인하였다($p<0.05$). 또한 citric과 acetic acid의 병용처리, ascorbic과 acetic acid의 병용처리가 각각의 단독처리에 비해 미생물 감소효과가 높은 것을 확인할 수 있었다.

유기산의 항균작용은 pH 저하, 비례리형 분자의 비율, 세포 생리 및 대사과정 등과 관련이 있다(25). 유기산의 COOH기는 수소이온을 발생시켜 pH 저하를 유발하는 관능기이다. 따라서 COOH기를 하나만 가지고 있는 유기산(lactic acid나 acetic acid의 경우)은 더 많은 COOH기를 가지고 있는 유기산(citric acid의 경우)에 비해 항균효과가 더 낮은 것으로 알려져 있다(26). 본 연구에서도 citric acid와 acetic acid를 동일한 농도로 사용하지는 않았지만 저장 중 acetic acid에 비해 citric acid 처리가 비교적 미생물 생균수를 낮게 유지하였다. 본 연구결과와 유사하게 Akbas 등(27)의 연구에서도 0.5% citric acid와 0.5% lactic acid 2분 처리로 신선편이 양상추의 중온성균, 저온성균, 장내세균수를 1.5-2.0 Log

Table 3. Moisture contents of buckwheat sprouts treated with chlorine water and organic acid solutions during storage at 5°C

Mean±STD (%)

Sample ¹⁾	Storage time (day)			
	0	2	4	6
A	96.36±0.24 ^{abc2)}	96.42±0.29 ^{ab}	95.96±0.35 ^a	95.96±0.38 ^{ab}
B	96.53±0.10 ^a	96.30±0.33 ^{ab}	96.21±0.87 ^a	95.62±0.36 ^b
C	96.34±0.26 ^{ab}	96.36±0.51 ^{ab}	96.01±0.43 ^a	96.06±0.22 ^{ab}
D	95.92±0.31 ^d	96.22±0.41 ^{ab}	95.97±0.41 ^a	96.09±0.36 ^{ab}
E	96.18±0.27 ^{abcd}	96.24±0.46 ^{ab}	96.21±0.41 ^a	95.97±0.67 ^{ab}
F	96.04±0.37 ^{cd}	95.82±0.66 ^b	96.01±0.53 ^a	96.08±0.46 ^{ab}
G	96.25±0.33 ^{abcd}	96.19±0.57 ^{ab}	95.93±0.48 ^a	96.22±0.51 ^a
H	96.16±0.14 ^{bcd}	96.45±0.39 ^a	96.29±0.53 ^a	96.12±0.42 ^{ab}
I	96.23±0.31 ^{bc}	96.13±0.28 ^a	95.99±0.53 ^a	95.97±0.51 ^{ab}

¹⁾A: Control
 B: Tap water
 C: 100 ppm NaClO₂
 D: 1% Ascorbic Acid(AA)
 E: 0.5% Citric Acid(CA)
 F: 0.05% Acetic Acid(AC)
 G: 1% AA+0.5% CA
 H: 1% AA+0.05% AC
 I: 0.5% CA+0.05% AC

²⁾Mean followed by different superscripts are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 4. Soluble solids content of buckwheat sprouts treated with chlorine water and organic acid solutions during storage at 5°C

Mean±STD (°Bx)

Sample ¹⁾	Storage time (day)			
	0	2	4	6
A	1.9±0.2 ^{c2)}	2.1±0.2 ^a	2.2±0.3 ^a	2.2±0.3 ^a
B	1.9±0.4 ^c	2.0±0.1 ^a	2.0±0.4 ^a	2.2±0.6 ^a
C	2.1±0.2 ^{bc}	2.0±0.3 ^a	2.0±0.3 ^a	2.2±0.5 ^a
D	2.4±0.3 ^a	2.2±0.4 ^a	2.3±0.2 ^a	2.3±0.4 ^a
E	2.2±0.2 ^b	2.2±0.3 ^a	2.2±0.5 ^a	2.2±0.4 ^a
F	1.9±0.4 ^c	2.0±0.3 ^a	2.2±0.4 ^a	2.3±0.6 ^a
G	2.4±0.2 ^a	2.1±0.5 ^a	2.2±0.4 ^a	2.2±0.5 ^a
H	2.1±0.2 ^{bc}	2.1±0.5 ^a	2.1±0.4 ^a	2.2±0.6 ^a
I	2.2±0.3 ^b	2.1±0.2 ^a	2.3±0.4 ^a	2.2±0.6 ^a

¹⁾A: Control
 B: Tap water
 C: 100 ppm NaClO₂
 D: 1% Ascorbic Acid(AA)
 E: 0.5% Citric Acid(CA)
 F: 0.05% Acetic Acid(AC)
 G: 1% AA+0.5% CA
 H: 1% AA+0.05% AC
 I: 0.5% CA+0.05% AC

²⁾Mean followed by different superscripts are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

CFU/g 정도 감소시켰고 4°C에서 12일 저장하는 동안에도 100 ppm 염소수나 4 ppm 오존수에 비해 낮은 생균수를 유지하였다. Francis와 O'Berine(28)도 1% citric acid 5분 처리로 양상추의 중온성균이 1.5 Log CFU/g 정도 감소되었고 3°C에서 7일간 저장하면서 3.5 Log CFU/g 정도 증가하였으나 물세척 처리구보다 1 Log CFU/g 낮았다고 보고하였다. Cha 등(29)의 연구에서 1% ascorbic과 1% citric acid 혼합처리는 저장 2일째까지 양상추의 미생물 증식을 완전히 억제하였고 저장기간 동안 미생물 억제에 효과적인 것으로 보고되었는데, 본 연구의 유기산 병용처리는 메밀 새싹의 조식손상을 유발하여 미생물 증식이 더 촉진되는 것으로 생각되었다.

수분함량 변화

메밀 새싹은 초기 96.36%의 수분함량을 가지며 물 세척 처리구는 96.53%로 수분함량이 다소 증가하였으나, 염소수 처리구는 대조구와 비슷한 96.34%를 나타내었고 유기산 처리구들은 95.92-96.25%로 대조구보다 약간 감소한 수치를 나타내었다(Table 3).

저장 중에는 특히 물 세척 처리구에서 6일째에 95.62%를 나타내어 처리 직후보다 약 0.9% 가량 수분함량이 감소하였고, 대조구는 95.96%로 초기보다 0.4%, 염소수 처리구는 0.3% 정도 감소하였다. 유기산 처리구는 처리 직후와 저장 2일째까지 대조구보다 수분함량이 다소 낮았으나, 4일 이후에는 유사한 수준을 나타내어 전처리에 따른 메밀 새싹시료의 생체 중량변화는 미미함을 확인할 수 있었다.

가용성 고형분함량 변화

메밀 새싹의 가용성 고형분함량 변화는 Table 4에 제시한 바와 같이 대조구에서 1.9°Bx, 처리 직후 대부분 1.9-2.2°Bx를 나타내었으나, ascorbic과 citric acid 병용 처리구는 2.4°Bx로 다소 높게 나타났다. 또한 저장기간 동안 대조구의 가용성 고형분함량은 1.9-2.2°Bx로 유의적으로($p<0.05$) 증가하였고, 다른 처리구에서도 고형분함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 저온에서 저장 하더라도 대부분의 식물조직이 저장기간 동안 증산작용에 따른

수분증발로 인해 가용성 고형분이 농축되는 효과를 나타내기 때문이다(30,31). 더욱이 유기산 처리에 의해 메틸 새싹의 가용성 고형분함량이 다소 증가한 것은 비록 낮은 농도라 하더라도 경우에 따라 사용된 유기산에 의해 새싹조직이 다소나마 손상을 입어 더 많은 수분손실이 유발된 것이라고 이해된다.

색 변화

전처리 직후 메틸 새싹의 Hunter L값은 모든 처리구에서 64.29-65.75를 나타내어 처리구별로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 저장기간에 따라 대조구는 65.52-68.04, 처리구는 64.29-67.04로 점차 증가하는 경향을 나타내어 여러 가지 유기산 처리에 따른 변색 억제효과를 구분할 수 없었다(Table 5). 또한 Hunter a값은 처리 직후 -1.67~-1.14를 나타내어 역시 처리구별로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 저장 2일 이후 유의적으로($p < 0.05$) 증가하는 경향을 나타내었다. 저장기간 중 특히 acetic acid 처리구, ascorbic과 acetic acid 병용처리구, citric과 acetic acid 병용처리구의 Hunter a값이 -1.32에서 0.47, -1.5에서 0.32, -1.14에서 0.50으로 분명하게 증가하여 신선 채소류에서 빈번하게 일어나는

acetic acid 처리에 의한 색변화를 확인할 수 있었다(32). 이에 비해 1% ascorbic acid 처리구에서 Hunter a값 변화가 -1.57에서 -1.35로 가장 적게 나타났으며 0.5% citric acid의 경우에도 -1.48에서 -1.22로 적게 나타나 변색 억제에 효과적이라고 생각된다. 이는 Ponting 등(33)과 Sapers 등(34)의 연구결과에서 보고된 ascorbic acid의 과채류에 대한 효소적 갈변 방지효과에 기인한 것으로 이해된다. Citric acid는 polyphenol oxidase 활성부위에 있는 구리를 킬레이트하여 PPO 활성을 저해하고 갈변을 방지하는 것으로 알려져 있다(35). 본 연구결과와 유사하게 박 등(36)은 깎마늘은 1% citric acid, 콩나물은 1% ascorbic acid, 양파는 2% citric acid, 풋고추는 1% ascorbic acid 처리시에 갈변억제효과가 있는 것을 확인하였다. 또한 Jiang 등(37)도 0.1 M citric acid의 PPO 활성억제효과로 신선편이 남방개(Chinese water chestnut)의 갈변이 억제되고 유통기간이 연장되었음을 보고하였다. Akbas와 Imez(27)의 연구에서도 신선편이 양상추를 0.5% citric acid와 0.5% lactic acid로 2분 처리한 후 4°C에서 12일간 저장하는 동안 색차계로 측정된 외관색 변화가 크지 않음을 확인하였다. Hunter b값 또한 Hunter L값처럼 모든 처리구에서 9.30-11.70 범위를 나타내

Table 5. Hunter's color values of buckwheat sprouts treated with chlorine water and organic acid solutions during storage at 5°C

Mean±STD

Hunter value	Sample ¹⁾	Storage period (day)			
		0	2	4	6
L	A	65.52±1.65 ^{a2)}	66.44±1.63 ^{ab}	65.96±2.12 ^{ab}	68.04±2.02 ^a
	B	65.22±4.49 ^a	64.78±2.51 ^c	66.17±2.07 ^b	66.63±2.40 ^{ab}
	C	65.13±3.10 ^a	66.20±2.74 ^{abc}	65.89±2.25 ^{ab}	67.04±2.45 ^{ab}
	D	64.42±2.48 ^a	66.91±1.85 ^a	66.33±1.80 ^b	66.50±2.45 ^{ab}
	E	65.42±2.48 ^a	66.57±2.26 ^a	66.21±2.52 ^{ab}	66.43±2.71 ^b
	F	65.68±2.56 ^a	64.88±2.84 ^{bc}	64.91±2.56 ^b	65.71±2.19 ^b
	G	65.75±2.36 ^a	66.70±2.34 ^a	65.90±3.37 ^b	66.35±2.65 ^b
	H	64.29±2.15 ^a	66.36±2.17 ^{abc}	64.61±2.43 ^b	66.19±1.87 ^b
	I	65.36±1.44 ^a	65.38±2.25 ^{abc}	66.42±2.04 ^a	66.02±2.16 ^b
a	A	-1.61±0.50 ^a	-1.94±0.39 ^c	-1.52±0.54 ^{de}	-1.22±0.45 ^c
	B	-1.53±0.62 ^a	-1.80±0.59 ^{bc}	-1.16±0.42 ^{de}	-0.48±2.46 ^{bc}
	C	-1.49±0.35 ^a	-1.80±0.33 ^{bc}	-0.93±1.06 ^{bcd}	-0.38±0.84 ^{bc}
	D	-1.57±0.71 ^a	-1.97±0.26 ^c	-1.58±0.35 ^e	-1.35±0.46 ^c
	E	-1.48±1.32 ^a	-1.62±0.26 ^{ab}	-1.37±1.43 ^{ab}	-1.22±2.19 ^a
	F	-1.32±0.61 ^a	-1.88±0.44 ^{bc}	-0.19±1.38 ^a	0.47±2.01 ^b
	G	-1.67±0.64 ^a	-1.92±0.50 ^c	-0.73±1.07 ^{bc}	-0.40±1.53 ^{bc}
	H	-1.50±0.84 ^a	-2.02±0.27 ^c	-0.93±0.66 ^{bcd}	0.32±1.61 ^{bc}
	I	-1.14±0.73 ^a	-1.51±0.38 ^a	-1.34±0.44 ^{de}	0.50±2.12 ^b
b	A	10.53±1.69 ^{ab}	10.99±1.58 ^{ab}	11.48±2.05 ^a	11.52±1.83 ^{ab}
	B	10.62±1.72 ^{ab}	10.77±2.44 ^{ab}	10.66±1.08 ^{abc}	11.15±1.37 ^{ab}
	C	11.70±2.54 ^a	10.08±1.57 ^b	10.83±1.60 ^{abc}	11.33±1.56 ^{ab}
	D	9.79±1.67 ^{ab}	9.92±1.30 ^b	11.25±1.32 ^{abc}	12.25±2.23 ^a
	E	10.50±2.79 ^{ab}	10.17±0.93 ^{ab}	11.40±1.53 ^{ab}	10.80±1.65 ^b
	F	9.30±1.31 ^b	10.27±1.68 ^{ab}	10.33±1.61 ^{bc}	11.42±2.17 ^{ab}
	G	11.18±2.03 ^{ab}	10.53±1.66 ^{ab}	10.25±1.64 ^c	11.10±2.00 ^{ab}
	H	10.14±1.44 ^{ab}	11.35±1.81 ^a	10.34±1.29 ^{bc}	11.06±1.61 ^{ab}
	I	9.94±1.34 ^{ab}	10.88±1.45 ^{ab}	10.73±1.49 ^{bc}	11.79±1.68 ^{ab}

¹⁾A: Control
 B: Tap water
 C: 100 ppm NaClO₂
 D: 1% Ascorbic Acid(AA)
 E: 0.5% Citric Acid(CA)
 F: 0.05% Acetic Acid(AC)
 G: 1% AA+0.5% CA
 H: 1% AA+0.05% AC
 I: 0.5% CA+0.05% AC

²⁾Mean followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 6. Sensory scores of buckwheat sprouts treated with chlorine water and organic acid solutions during storage at 5°C

Mean±STD

Attribute	Sample ¹⁾	Storage period (day)				
		0	2	4	6	
Discoloration	head	A	2.8±2.4 ^{ab(2)}	3.9±1.6 ^{ab}	4.4±1.2 ^b	6.6±1.8 ^a
		B	2.6±2.4 ^b	3.3±1.5 ^{bc}	4.2±1.3 ^b	6.2±1.5 ^a
		C	3.0±1.8 ^a	3.5±1.3 ^b	4.3±1.4 ^b	5.7±1.5 ^b
		D	2.6±1.2 ^b	3.1±1.7 ^c	3.8±0.9 ^c	5.0±1.3 ^c
		E	2.8±1.5 ^{ab}	3.2±2.0 ^{bc}	4.0±0.9 ^{bc}	5.2±1.1 ^c
		F	3.2±1.5 ^a	4.3±1.7 ^a	4.8±1.0 ^{ab}	5.6±1.7 ^b
		G	3.2±1.7 ^a	3.6±1.2 ^b	4.3±0.9 ^b	5.5±1.2 ^b
		H	3.1±1.6 ^a	3.5±1.7 ^b	4.1±1.3 ^b	4.6±1.4 ^d
		I	3.3±1.8 ^a	4.1±1.4 ^a	5.2±1.6 ^a	5.7±1.1 ^b
	stem	A	2.0±1.7 ^b	3.9±1.5 ^b	4.0±1.5 ^{bc}	6.3±1.9 ^b
		B	2.5±1.4 ^{ab}	3.8±1.9 ^b	4.1±1.5 ^{bc}	6.2±1.6 ^b
		C	2.6±1.6 ^a	3.7±1.4 ^b	4.2±1.7 ^{bc}	5.9±1.7 ^{bc}
		D	2.2±1.6 ^b	2.6±1.3 ^c	3.6±0.8 ^c	5.4±1.9 ^c
		E	2.4±1.5 ^{ab}	3.0±1.7 ^c	3.8±0.9 ^c	5.8±1.0 ^{bc}
		F	3.0±1.4 ^a	4.3±1.7 ^a	5.4±1.1 ^a	7.2±1.5 ^a
		G	2.9±1.7 ^a	4.4±1.3 ^a	4.6±1.5 ^b	6.4±1.1 ^b
		H	2.8±1.9 ^a	3.9±1.5 ^b	4.1±1.2 ^{bc}	5.4±1.8 ^c
		I	2.9±2.2 ^a	4.7±1.7 ^a	5.1±1.4 ^a	7.8±1.4 ^a
	root	A	3.2±2.0 ^{ab}	4.9±1.5 ^{ab}	5.1±1.6 ^c	6.6±1.7 ^b
		B	3.1±2.0 ^{ab}	4.5±1.4 ^b	5.9±1.5 ^b	6.0±1.9 ^b
		C	3.2±1.7 ^{ab}	4.6±1.5 ^b	5.7±1.6 ^{bc}	6.2±2.0 ^b
		D	2.9±2.3 ^b	3.8±2.0 ^c	4.8±1.8 ^d	5.2±1.6 ^c
		E	3.0±1.9 ^b	3.9±1.6 ^c	4.6±1.3 ^d	5.1±0.8 ^c
		F	3.6±2.2 ^a	5.2±1.3 ^a	6.1±1.7 ^a	7.9±1.1 ^a
		G	3.2±2.1 ^{ab}	5.3±1.7 ^a	5.9±1.1 ^b	6.8±1.0 ^b
		H	3.2±2.1 ^{ab}	4.8±1.8 ^{ab}	5.5±1.7 ^{bc}	6.4±1.3 ^b
		I	3.8±2.1 ^a	5.8±1.9 ^a	6.7±1.8 ^a	8.2±1.1 ^a
Wilting	A	1.8±1.6 ^a	3.6±1.8 ^c	4.5±1.3 ^{ab}	6.4±1.9 ^a	
	B	2.0±1.7 ^a	3.3±1.8 ^c	4.7±1.4 ^{ab}	6.2±2.1 ^b	
	C	2.1±2.0 ^a	3.4±1.6 ^c	4.6±1.5 ^{ab}	5.9±1.7 ^{bc}	
	D	1.8±1.8 ^a	3.4±1.6 ^c	3.8±1.4 ^b	5.0±2.0 ^c	
	E	1.9±1.6 ^a	3.5±1.9 ^c	4.0±1.4 ^b	5.1±1.3 ^c	
	F	2.5±1.9 ^a	4.2±1.8 ^b	5.2±1.6 ^a	6.6±1.9 ^a	
	G	2.2±1.8 ^a	4.1±1.9 ^b	5.0±1.5 ^a	6.9±1.6 ^a	
	H	2.3±2.3 ^a	4.9±1.7 ^{ab}	4.8±1.5 ^{ab}	6.0±2.1 ^{bc}	
	I	2.6±2.2 ^a	5.5±2.0 ^a	5.6±2.1 ^a	7.6±1.6 ^a	
Overall quality	A	7.5±1.9 ^a	5.4±1.3 ^a	4.3±1.3 ^{ab}	3.2±1.7 ^b	
	B	7.6±1.8 ^a	5.6±1.8 ^a	4.2±1.2 ^{ab}	3.0±2.1 ^b	
	C	7.4±1.4 ^a	5.5±1.7 ^a	4.5±1.6 ^a	3.5±1.7 ^b	
	D	7.7±1.8 ^a	5.9±1.6 ^a	4.6±1.6 ^a	4.4±1.9 ^a	
	E	7.6±1.9 ^a	5.7±1.8 ^a	4.8±1.1 ^a	4.5±0.8 ^a	
	F	6.9±1.4 ^b	3.6±1.6 ^b	3.3±1.8 ^b	2.6±1.7 ^c	
	G	7.0±1.7 ^{ab}	4.0±1.8 ^b	3.6±1.7 ^b	2.8±1.1 ^c	
	H	7.2±2.2 ^{ab}	4.9±1.8 ^{ab}	4.1±1.8 ^{ab}	3.9±1.0 ^{ab}	
	I	6.8±2.5 ^b	4.1±1.8 ^b	3.3±1.7 ^b	2.5±0.8 ^c	

¹⁾A: Control
 B: Tap water
 C: 100 ppm NaClO₂
 D: 1% Ascorbic Acid(AA)
 E: 0.5% Citric Acid(CA)

F: 0.05% Acetic Acid(AC)
 G: 1% AA+0.5% CA
 H: 1% AA+0.05% AC
 I: 0.5% CA+0.05% AC

²⁾Mean followed by different superscripts are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

어 처리구별로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 저장기간이 경과하면서 대조구는 10.53-11.52, 처리구는 9.30-12.25 범위의 값을 나타내어 점차 증가하는 경향을 보였다. 식물조직의 갈변은 신선 채소류의 주요 상품성 저하요인이므로 본 연구에서 ascorbic acid 및 citric acid 침지처리에 의한 메밀 새싹의 저장 중 갈변억제 가능성 확인은 매우 의미 있는 결과라고 판단된다.

관능적 품질 변화

유기산 처리에 따른 메밀 새싹의 관능평가 결과(Table 6), 저장 기간에 따라 변색(색, 줄기, 뿌리), 시들, 종합적 외관품질이 유의적으로 변화하였다. 처리 직후에는 모든 항목에서 처리구별로 유의적인 차이를 구분할 수 없었으나, 저장 2일 이후 변색과 시들 항목에서 ascorbic acid 및 citric acid 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었고, 종합적 외관품질 항목에서는 유의적으로 높은 값을 나타내어 관능적 품질이 우수한 것으로 평가되었다($p < 0.05$). 그러나 acetic acid 처리구와 이들의 병용 처리구는 변색과 시들 항목에서 상대적으로 높은 값을 나타내었으며, 종합적 외관품질은 다른 처리구에 비해 낮게 평가되었다. 이는 색차계를 이용하여 측정된 Hunter a값 변화와도 서로 상통하는 결과로서 처리하는 유기산에 따라 저장 중 메밀 새싹의 외관품질이 크게 영향 받을 수 있음을 시사한다.

요 약

메밀 새싹의 유통 중 품질유지를 목적으로 유기산 용액과 염 소수에 침지한 후 플라스틱 필름봉투에 밀봉하여 5°C에 저장하면서 여러 가지 품질인자의 변화를 살펴보았다. 미생물학적 측면에서 총균수와 대장균군의 측정 결과 0.5% citric acid, 0.05% acetic acid의 단독 및 병용처리가 다른 처리구에 비해 미생물 증식제어에 효과적이었다. 수분함량이나 가용성 고형분함량의 경우 6일 저장 중 의미 있는 변화를 관찰할 수 없었다. 색 변화에서도 Hunter L값과 Hunter b값은 처리구별로 유의적인 차이를 보이지 않았으나, Hunter a값의 경우 저장기간이 경과함에 따라 ascorbic acid 및 citric acid 처리구의 변화가 가장 적게 나타났다. 관능평가에 있어서도 저장 중 ascorbic acid 및 citric acid 처리구가 다른 것에 비해 변색, 시들, 종합적 외관품질 항목 모두에서 유의적으로 구분되어 관능적 품질이 우수한 것으로 평가되었다. 결과적으로 본 연구에서 사용한 유기산 가운데 citric acid를 전처리 침지용액으로 적용할 경우 메밀 새싹의 유통 중 품질유지에 매우 긍정적인 효과가 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 식품기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 연구결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- Kim DM, Hong SI. Current status and prospect of fresh-cut produce. *Food Preserv. Proc. Ind.* 3(1): 18-22 (2004)
- Catherine W, Kwon JH. Improving the food safety of seed sprouts through irradiation treatment. *Food Sci. Biotechnol.* 16: 171-176 (2007)
- Kim YJ, Park HT, Han HS. A study on the production and marketing of sprouts and leaf vegetables. *Research Report of Korea Rural Economic Institute, C2006-26, Korea Rural Economic Institute, pp. 10-11 (2006)*
- Kwon JY, Kim BS, Kim GH. Effect of washing methods and surface sterilization on quality of fresh-cut chicory (*Clechorium intybus* L. var. *foliosum*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 28-34 (2006)
- Hong SI, Jo MN, Kim DM. Quality attributes of fresh-cut green onion as affected by rinsing and packaging. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 659-667 (2000)
- Kim ID, Kim SD. Changes in quality of soybean sprouts grown by ozone water treatment during storage. *Korean J. Postharv. Sci. Technol.* 8: 379-384 (2001)
- Jang KI, Lee JH, Choi SG, Lee HB. Quality of stored grape (*Vitis labruscana*) treated with electrolyzed acid water humidification, electrolyzed acid water sterilization, and ozone water sterilization. *J. Agric. Life Sci.* 42: 47-57 (2008)
- Kim JG, Luo Y, Lim CI. Effect of ozonated water and chlorine water wash on the quality and microbial de-contamination of fresh-cut carrot shreds. *Korean J. Food Preserv.* 14: 54-60 (2007)
- Park KJ, Lim JH, Kim BK, Kim JC, Jeong JW, Jeong SW. Effect of aqueous chlorine dioxide and citric acid on reduction of *Salmonella typhimurium* on sprouting radish seeds. *Korean J. Food Preserv.* 15: 754-759 (2008)
- Ricke SC. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry Sci.* 82: 632-639 (2003)
- Food and Drug Administration. Listing of food additive status. Available from: <http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/default.htm>. Accessed Nov. 2, 2009.
- Larsen AG, Vogensen FK, Josephsen J. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from sour doughs: Purification and characterization of bavaricin A, a bacteriocin produced by *Lactobacillus bavaricus* M1401. *J. Appl. Bacteriol.* 75: 113-122 (1993)
- Rosenquist H, Hansen A. The antimicrobial effect of organic acids, sour dough and nisin against *Bacillus subtilis* and *B. licheniformis* isolated from wheat bread. *J. Appl. Microbiol.* 85: 621-631 (1998)
- Bjornsdottir K, Breidt F Jr, McFeeters RF. Protective effects of organic acids on survival of *Escherichia coli* O157:H7 in acidic environments. *Appl. Environ. Microbiol.* 72: 660-664 (2006)
- Pomeranz Y, Robbins GS. Amino acid composition of buckwheat. *J. Agr. Food Chem.* 20: 270-274 (1972)
- Cho EJ, Kim WJ, Yang MO. A study on quality properties of steamed cake added with common and tartary buckwheat flour. *J East Asian Soc. Diet. Life* 17: 219-226 (2007)
- Maeng YS, Park HK, Kwon TB. Analysis of rutin contents in buckwheat and buckwheat foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 732-737 (1990)
- Choe M, Kim JD, Park KS, Oh SY, Lee SY. Effect of buckwheat supplementation on blood glucose levels and blood pressure in rats. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 20: 300-305 (1991)
- Holasova M, Fiedlerova V, Smrcinova H, Orsak M, Lachman J, Vavreanova S. Buckwheat-the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Res. Int.* 35: 207-211 (2002)
- Choi BH, Park KY, Park RK. Importance of buckwheat culture for non-polluted vegetable and grain in Korea. *Korean Soc. Int. Agric.* 3: 71-81 (1991)
- Kim SL, Kim SK, Park CH. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Res. Int.* 37: 319-327 (2004)
- Kim YS, Kim JG, Lee TS, Kang JJ. Comparison of the chemical components of buckwheat seed and sprout. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 81-86 (2005)
- Korea Foods Industry Association. Food Code. Moonyongsa Co., Seoul, Korea. pp. 637-643 (1998)
- Solberg M, Buckalew JJ, Chen CM, Schaffner DW, O'Neil K, McDowell J, Post LS, Boderck M. Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. *Food Technol.* 44: 68-73 (1990)
- Doeres S. Organic acids. pp. 95-124 in: *Antimicrobials in Foods*. Branan AL, Davidson PM (eds). Marcel Dekker, Inc., Madison Avenue, NY, USA (1993)
- Poli G, Biondi PA, Uberti F, Ponti W, Balsari A, Cantoni C. Virucidal activity of organic acids. *Food Chem.* 4: 250-258

- (1979)
27. Akbas MY, Imez H. Effectiveness of organic acid, ozonated water and chlorine dippings on microbial reduction and storage quality of fresh-cut iceberg lettuce. *J. Sci. Food Agr.* 87: 2609-2616 (2007)
 28. Francis GA, O'Berine D. Effects of vegetable type and antimicrobial dipping on survival and growth of *Listeria innocua* and *E. coli*. *Int. J. Food Sci. Technol.* 37: 711-718 (2002)
 29. Cha HS, Kim SI, Kim BS, Kim SH. Effect of inhibition on browning and microbial growth of minimally processed lettuce. *Korean J. Food Preserv.* 11: 331-335 (2004)
 30. Coffin RH, Yada RY, Parkin KL, Grodzinski B, Stanley DW. Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selections. *J. Food Sci.* 52: 639-645 (1987)
 31. Kader AA, Lipton WJ, Morris LL. Systems for scoring quality of harvested lettuce. *Hortscience* 8: 408-409 (1973)
 32. Parish ME, Beuchat LR, Suslow TV, Harris LJ, Garrett EH, Farber JN, Busta FF. Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety* 2: 161-173 (2003)
 33. Ponting JD, Jackson R, Watters G. Refrigerated apple slice; preservative effects of ascorbic acid, calcium, and sulfate. *J. Food Sci.* 37: 434-440 (1972)
 34. Sapers GM, Hickey KB, Phillips JG, Seib PA, ElAtawy YS. Control of enzymatic browning in apple with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors, and complexing agents. *J. Food Sci.* 54: 997-1005 (1989)
 35. Martinez MV, Whitaker JR. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends Food Sci. Technol.* 6: 195-200 (1995)
 36. Park WP, Cho SH, Lee DS. Screening of antibrowning agents for minimally processed vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 278-282 (1998)
 37. Jiang Y, Pen L, Li J. Use of citric acid for shelf life and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut. *J. Food Eng.* 63: 325-328 (2004)